



JESÚS NAVARRO Y MARTINE JAMINON

«TODAS LAS RADIACIONES SON IGUAL DE LETALES, BENEFICIOSAS Y MISTERIOSAS»

Ana Fernández

Martine Jaminon, profesora de la Universidad de Lieja, y Jesús Navarro, investigador del Instituto de Física Corpuscular (CSIC-UV) de Valencia, constituyen dos reconocidos físicos adentrados en el campo de la divulgación de la ciencia. Con su último libro, *Las radiaciones: beneficiosas, letales, misteriosas...* (Nivola, 2009), ambos nos acercan al mundo de las radiaciones de forma sencilla y motivadora gracias a un interesante viaje en el tiempo. La obra nos aporta las claves necesarias para que, a partir de nuestra reflexión, averigüemos si las radiaciones son beneficiosas, letales o misteriosas.

¿Qué es lo que encontraron interesante en las radiaciones?

JESÚS NAVARRO: Es un tema que va y viene, que está de actualidad con la controversia que existe con las antenas de los móviles, las centrales nucleares, la imagen médica... Nos gustaba la idea de realizar un libro en el que se trataran todos estos aspectos de forma global

y en el que pudiéramos introducir también temas históricos, sociológicos, biológicos, etc. Se lo propuse a Martine y a los dos nos gustó la idea de compartir esta experiencia.

La lectura deja muchas preguntas sin responder, ¿consideran que dejar preguntas abiertas al lector es un método eficaz para divulgar ciencia?

J. NAVARRO: Sí, pero esta no es la única forma, existen muchas otras. Nosotros decidimos adoptarla porque nos gustaba reflexionar sobre el tema que estábamos comentando e invitar al lector a que siguiera él mismo reflexionando. Este libro está dirigido a un público general y en cualquier libro de estas características tenemos que pensar que nos encontramos ante un público diverso para el que hay que

explicar muy bien cada término y cada situación. Quizá nos ha resultado más difícil redactar las cuestiones de biología y, por ello, para el lector quizá esta haya sido la parte más difícil de entender, precisamente porque no somos expertos en esta materia.

De todas las radiaciones que comentan en el libro, ¿cuáles dirían que son las más letales y cuáles las más beneficiosas?

J. NAVARRO: Todas son igual de letales, de beneficiosas y de misteriosas. Todo depende del uso ilimitado que se haga, de las dosis y de la energía.

El cáncer es uno de los temas que abordan en el libro, por ser una enfermedad directamente relacionada con las radiaciones. ¿Han contado con colaboraciones especiales para profundizar en este tipo de uso terapéutico?

J. NAVARRO: Hemos tenido dos colaboradores especializados en oncología, un médico especialista del

Hospital Universitario La Fe de Valencia y una experta bióloga en cuestiones de cáncer. Las radiaciones en este sentido son arma de doble filo porque curan y matan, depende de nuevo del tipo y de la dosis que se emplee en estos casos.

¿Actualmente se están llevando a cabo investigaciones en materia terapéutica del cáncer con radiaciones?

J. NAVARRO: En el instituto en el que trabajo, el Instituto de Física Corpuscular, hace tiempo que se está desarrollando un proyecto para crear el Instituto de Física Médica, que precisamente investigará en este campo.

MARTINE JAMINON: En Bélgica, en Lovaina, utilizan también ciclotrones para este tipo de terapias, gracias a un equipo de físicos dedicados al campo de las centrales nucleares que decidieron crear un ciclotrón de estas características.

«LAS RADIACIONES EN EL CAMPO DE LA MEDICINA SON ARMA DE DOBLE FILO PORQUE CURAN Y MATAN, DEPENDE DEL TIPO Y DE LA DOSIS QUE SE EMPLEE EN ESTOS CASOS»

JESÚS NAVARRO

TODO LO QUE USTED DESEARÍA SABER SOBRE LAS RADIACIONES...

JOSEP LLUÍS DOMÉNECH

Existe un consenso entre los investigadores en didáctica de las ciencias sobre el hecho de que presentar los conocimientos en el estado final de elaboración no facilita el aprendizaje: los estudiantes deben notar, *vivir*, el proceso de construcción de los conocimientos como requisito para un aprendizaje exitoso. Eso supone dilucidar los problemas que han originado la construcción de los conocimientos científicos; tener nociones sobre cómo abordan los problemas los científicos; tener algún conocimiento de los logros recientes y de sus perspectivas; conocer algunas de las implicaciones tecnológicas y sociales de los avances científicos, y cómo determinados avances tecnológicos y necesidades sociales han marcado el camino de la ciencia... Si aceptamos todo eso, debemos coincidir en que el libro *Las radiaciones* de Martine Jaminon y Jesús Navarro es una herramienta especialmente útil en la enseñanza, y eso a pesar de que la problemática que trata, las radiaciones, puede ser considerada poco atractiva.

Vivimos inmersos en un espacio lleno de radiaciones, que condicionan en gran medida nuestra vida, y que no podemos ignorar. Lejos de esconder la cabeza bajo tierra, conviene tomar conciencia de los problemas a los que nos encaramos: en un país que dispone de muy pocas fuentes de energía primaria y donde aproximadamente la mitad de la electricidad producida tiene origen fósil, el debate sobre la energía nuclear está totalmente ausente de los medios de comunicación, más todavía cuando no existe ninguna conciencia social sobre la necesidad de reducir el gasto energético; nadie quiere antenas de telefonía móvil cerca de casa, pero tampoco estamos dispuestos a prescindir de los móviles; se ha tenido que quitar la palabra *nuclear* a las familiares resonancias magnéticas porque se trata de una palabra que asusta a la gente. Sin embargo son pocas las precauciones que adoptamos contra las radiaciones solares (responsables del aumento del número de casos de cáncer por melanoma); pensamos que todo lo que consideramos natural es *per se* beneficioso para los humanos, cuando la mayor parte de las radiaciones nucleares que recibimos son de origen natural, y la condición de natural, aquí, no significa que sean inocuas...

**«VIVIMOS INMERSOS
EN UN ESPACIO LLENO
DE RADIACIONES, QUE
CONDICIONAN EN GRAN
MEDIDA NUESTRA VIDA, Y
QUE NO PODEMOS IGNORAR»**

En un libro anterior, *Los caminos cuánticos*, Jesús-Navarro afirmaba que Feynman aprendía a partir de las respuestas que obtenía de las preguntas que continuamente él mismo se hacía. En su último libro parece que Jaminon y Navarro han seguido la misma estrategia: son abundantísimos los interrogantes que los autores plantean sobre cada uno de los aspectos tratados (aunque no todos son contestados: se espera que sean los lectores los que busquen las respuestas), y eso, que representa una especie de reto para el lector, también sirve para orientar las informaciones y explicaciones de los divulgadores. Así, la lectura pasa a ser amena y hace muy patentes el sentido y el interés de las ideas presentadas.

El propósito de los autores de escribir un libro útil para lectores sin formación científica está plenamente conseguido. Este perfil bajo de lector final hace, en efecto, que sea ésta una lectura muy recomendable para todos los interesados en participar en el debate sobre el papel que deben representar la ciencia y la tecnología en una sociedad democrática, los problemas que intentan resolver, las soluciones que se proponen, etc. Mirándolo bien, parece particularmente dirigido a los estudiantes de secundaria; un espacio editorial, el de la divulgación científica con criterios didácticos profesionales, que, por cierto, va muy escaso de publicaciones.

Los autores afirman en el epílogo: «¿Las radiaciones son beneficiosas o perjudiciales? [...] Esperemos haber proporcionado al lector bastantes elementos para que encuentre sus propias respuestas.» Pero esta publicación no se circunscribe a los contenidos estrictamente relacionados con las radiaciones, sino que aprovecha esta problemática para tratar, además y aunque sea de paso, muchos otros aspectos, como el papel de la comunicación entre los investigadores, el papel de las mujeres en la ciencia, la manera de trabajar de los científicos, el proceso de construcción de los conocimientos, las aplicaciones de los avances conseguidos, etc.

Los autores afirman que Roentgen, Becquerel, Rutherford, etc., no mostraron una gran imaginación cuando llamaron rayos X, rayos α , rayos β o rayos γ a las nuevas radiaciones, pero tampoco el editor ha estado demasiado ingenioso con el título escogido para el libro: *Las radiaciones* parece un nombre poco sugerente.

Josep Lluís Doménech. IES Antoni Llidó, Xàbia (Alicante).

Ambos han realizado proyectos en física durante varios años, ¿estudiaron las radiaciones durante mucho tiempo?

M. JAMINON: Nosotros somos físicos especializados en física nuclear y hemos hecho investigaciones en este sentido. Lo que nos ha llevado a las radiaciones se debe a que este tipo de energía nos ha permitido conocer una amplia variedad de elementos conectados, pero no hemos trabajado directamente con radiaciones que influyeran sobre la materia.

Otro de los temas que trata el libro es el de las centrales nucleares. Actualmente existe cierta controversia en España acerca del papel de las centrales nucleares y su futura construcción, ¿cuál es su opinión sobre este debate?

M. JAMINON: En mi opinión, las sociedades actuales no se pueden permitir el lujo de dejar de lado estas centrales. Existen riesgos potenciales, pero hay conocimiento suficiente para garantizar una seguridad.

J. NAVARRO: Yo añadiría que esta es una fuente más de energía que necesitamos.

M. JAMINON: Además existe otro tipo de centrales que se están investigando en este sentido, en las que no haría falta centrarse en un enriquecimiento nuclear porque se producirían estas radiaciones mediante aceleradores de partículas, lo cual resulta más seguro.

Uno de los principales problemas de las centrales nucleares son los residuos que generan, ¿cuáles son las posibles soluciones a este problema?

J. NAVARRO: Hay que buscar una solución definitiva. El problema de los residuos nucleares podría parecerse a la basura que generan los residuos domésticos: queremos poner vertederos, pero no cerca de nuestras casas. Se están proponiendo almacenes temporales de entre cincuenta y cien años para estos residuos, pero se necesita un acuerdo.

M. JAMINON: Existen investigaciones para tratar los residuos nucleares de manera que se consigan separar los residuos más peligrosos y mantenerlos en un lugar controlado.

¿Qué radiaciones naturales de las que comentan en el libro creen que son las más ignoradas por la población?

J. NAVARRO: Quizá el hecho de que nosotros como seres humanos somos emisores de radiación. Por ejemplo, en un litro de leche pueden llegar a producirse 60 desintegraciones por segundo y nos la bebemos y no pasa nada. O lo que ocurre con las casas fabricadas con granito en Galicia, que producen gran cantidad de radiaciones, pero no por ello se han descubierto más casos de cáncer.

En el libro también tratan un tema de actualidad como es el debate sobre las antenas de los móviles y los posibles efectos nocivos en la población. ¿Cuánto de verdad existe en los rumores que apuntan a que dichas radiaciones puedan provocar daños en la salud?

M. JAMINON: Para desarrollar este tema hemos leído datos de la última encuesta epidemiológica, en la que se ha desvelado que no hay ningún efecto o quizá que, puesto que los móviles los usamos desde hace sólo diez años, es difícil saber qué efectos pueden provocar a largo plazo, sobre todo en los niños en fase de crecimiento que están usando los móviles. En adultos se ha demostrado que no existen efectos.

¿Qué futuras aplicaciones podrían augurar a las radiaciones?

J. NAVARRO: Podrían darse muchas más aplicaciones en medicina, ya que las hay, las ha habido y seguro que las habrá. Podrán suponer mejores imágenes de mayor calidad del interior del cuerpo humano y con el uso de menor radiación y, por otro lado, el tratamiento que se puede lograr para determinados tipos de cáncer. También pueden ir a más en arqueología, para verificar las fe-

chas de los objetos encontrados, por ejemplo. ☺



© Paolo Bocchese

**«LAS SOCIEDADES
ACTUALES NO SE PUEDEN
PERMITIR EL LUJO DE
DEJAR DE LADO LAS
CENTRALES NUCLEARES.
EXISTEN RIESGOS
POTENCIALES, PERO HAY
CONOCIMIENTO SUFICIENTE
PARA GARANTIZAR UNA
SEGURIDAD»**

MARTINE JAMINON

Ana Fernández. Estudiante de Periodismo, Universitat de València.

DIVULGACIÓN MUY INTERESANTE



Las radiaciones: beneficiosas, letales, misteriosas

Martine Jaminon y Jesús Navarro Faus
Nivola. Tres Cantos, 2009.
256 páginas.

Radiaciones es una palabra que hoy provoca actitudes de precaución, de rechazo o incluso de miedo. Los autores, Martine Jaminon, directora de la Maison de la Science, museo científico de Lieja, y Jesús Navarro, profesor de investigación del CSIC en el Instituto de Física Corpuscular de Valencia, tratan de responder a las preguntas que cualquier ciudadano se puede plantear al respecto: ¿Qué son las radiaciones? ¿Qué perjuicios causan? ¿Qué beneficios aportan? ¿Cómo actúan sobre nuestro cuerpo y cómo nos afectan? Para responderlas han escrito este libro accesible para lectores sin formación científica, cuya lectura viene facilitada por abundantes y aclaratorias ilustraciones en color, acompañadas por muchas e interesantes

fotografías de época, que no encarecen el libro.

La primera parte del libro aclara qué son las radiaciones con un poco de historia de la ciencia. Empieza con el descubrimiento de los rayos X por Roentgen (que desencadenó la exploración de otras radiaciones), de la radiactividad por Becquerel y Pierre y Marie Curie, y de los rayos alfa, beta y gama por Rutherford. El capítulo 7 nos ofrece unos interesantes escritos de los Curie sobre los efectos de las radiaciones en su propio cuerpo. Después se presenta una breve historia del átomo indivisible, desde los filósofos griegos y también algunas corrientes filosóficas orientales, hasta Dalton y Perrin, pero también se habla de los científicos que se opusieron a él, como los químicos Dumas, Berthelot y Ostwald y del físico Mach. Irónicamente, cuando se acaba la controversia sobre la realidad de los átomos, se acumulan evidencias experimentales de su estructura. Por último, se presenta el espectro electromagnético y el debate sobre si las radiaciones son partículas u ondas.

En la segunda parte trata de los efectos de las radiaciones, distinguiendo entre ionizantes y no ionizantes, y del origen, ya que, a pesar de lo que se piensa, la mayor parte (un 66%) tienen un origen natural. Pero no basta con considerar las interacciones de las radiaciones con los átomos, ya que estos pueden formar parte de un ser vivo y por eso se tratan temas no tan habituales en un libro de divulgación física, como la célula, el ADN y sus mutaciones, a un nivel muy comprensible. Nos muestra cómo las radiaciones ionizantes pueden lesionar el ADN y, si éste no se repara, la célula puede pasar a ser cancerosa. También nos hablan de las explosiones nucleares y de las centrales nucleares, del «problema de importancia que hasta la fecha no se ha resuelto satisfactoriamente: los residuos radiactivos» y de los dos principales accidentes, los

de las centrales Three Mile Island y Chernóbil. Concluye esta parte con las radiaciones UVB, el agujero de la capa de ozono y el incremento en la incidencia del melanoma.

En la tercera parte aparecen las aplicaciones beneficiosas de las radiaciones. Nos habla de los radiotrazadores de los isótopos radiactivos producidos por Frédéric e Irène Joliot-Curie y de los aceleradores de partículas que favorecerán la producción y permitirán al científico Glenn Seaborg, además de descubrir nuevos elementos, producir isótopos a la carta para la medicina, como el hierro-59 o el yodo-128, que favorecen el estudio de la hemoglobina y el tiroides, respectivamente. Después se muestran diferentes técnicas para ver el interior del cuerpo humano, con imágenes anatómicas (como las obtenidas con radiaciones, como los rayos X, o sin ellas, como las resonancias y la ecografía) o funcionales, obtenidas por la radiación emitida por un trazador radiactivo. Entre estas destaca la tomografía de emisión de positrones (PET en inglés), que ha permitido detectar tumores muy pequeños, y localizar de forma precisa las zonas del cerebro activas durante el análisis de los neurocientíficos. Por último, se muestra el uso de las radiaciones en radioterapia, tanto interna, en la que se fijan las fuentes radiactivas en el mismo tumor, como externa, donde la radiación se dirige sobre la zona del cuerpo donde está el tumor que se quiere eliminar.

En la última parte nos muestran muchas aplicaciones no médicas de las radiaciones: determinación de la edad de la Tierra, estudio de la radiación cósmica, la datación de tiempos remotos o de tiempos más recientes. En este último caso se utiliza el carbono-14, que ha permitido fechar restos egipcios, la llegada del hombre a América o la «Sábana Santa». Los rayos X obtenidos en la radiación sincrotrón de los aceleradores de partículas permiten hacer experimentos en campos muy diversos, como

microelectrónica, ciencia de materiales, contaminación, catalizadores, alimentos, medicamentos, cosméticos, arqueología (como la identificación de la faraona Hatshepsut o del palimpsesto de Arquímedes). También nos hablan de las aplicaciones de los más de 10.000 aceleradores que había en el mundo en 1994: pocos en física fundamental, la mayoría en medicina (como en fuentes de radiación externa o para la producción de radioisótopos), y el resto en arte, industria, etc. Por último, no rehuyen tratar efectos de las

radiaciones no ionizantes, como las microondas de las antenas de telefonía móvil, para llegar a la conclusión de que, a pesar de que «no se haya encontrado ninguna prueba de efectos perjudiciales de las microondas, la inquietud social que han producido es motivo suficiente para continuar investigando».

Como se ha podido ver en el resumen, se trata de un libro muy interesante para el público en general, dada la importancia de las radiaciones en la vida de todos, pero también para el público más especializado, por el carácter multidisciplinario de la obra, que incluye aspectos de física, química, biología, medicina, arqueología, etc.

JORDI SOLBES

Departamento de Didáctica de las Ciencias (UV)

«LOS AUTORES TRATAN DE RESPONDER LAS PREGUNTAS QUE CUALQUIER CIUDADANO SE PUEDE PLANTEAR SOBRE LAS RADIACIONES.»